УДК 624.014.27

УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕРЖНЕЙ СЕТЧАТЫХ КУПОЛОВ

В. И. ДРАГАН, К. К. ГЛУШКО
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Ввиду высокой деформативности сетчатых куполов, решение задачи устойчивости стержней в радиальной плоскости отличается от общепринятых решений для рамных и ферменных конструкций. Торцы стержней имеют возможность осадки, жёсткость заделки торцов переменна, на неё влияют продольные силы в соседних стержнях. В основе существующих решений заложена расчётная схема стержня, связанного с упругим основанием и загруженного продольной силой, что не даёт возможности учёта изменчивости продольных сил в стержнях, разных по величине изгибных жесткостей стержней, учёта переменных жесткостей заделок стержней.

Решая неоднородное дифференциальное уравнение изгиба при двузначной прямолинейной эпюре изгибающих моментов, можно получить уравнение изогнутой оси стержня и потребовать, чтобы углы поворота торцов стержней в соединяющем их узле были равны. Изгибающие моменты на торцах стержней можно выразить через прогибы и углы поворота, решая задачу об осадке опор неразрезной балки. Выразив углы поворота через прогибы, можно для n узлов плоской дуги составить систему из n линейных алгебраических уравнений. Условием наличия нетривиального решения полученной системы уравнений является равенство нулю определителя из коэффициентов при прогибах. Для упрощения отыскания искомой величины u_i, с достаточной точностью можно использовать определитель матрицы размерностью не менее 4х4. Решение относительно переменной u_i производится путём пробных попыток, считая, что остальные величины $u = c\sqrt{N/EI}$ являются известными аргументами функций определителя, используя критерий краевой текучести:

$$\begin{vmatrix} G1_1 + G2_1 & H_2 & 0 & 0 & \ldots \\ F1_1 + F2_1 & G1_2 + G2_2 & H_3 & 0 & \ldots \\ E_1 & H1_2 + H2_2 & G1_3 + G2_3 & H_4 & \ldots \\ 0 & E_2 & H1_3 + H2_3 & G1_4 + G2_4 & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \end{vmatrix} = 0 . \qquad (1)$$

В определителе (1) значения функций $G2$, $F2$ следует брать от аргумента u_{i+1}. После того, как искомая величина u_i станет известной, можно определить коэффициент расчётной длины.

Табл. 1. Вспомогательные функции для определителя устойчивости

U	E_{i-2}	$F1_{i-1}$	$F2_{i-1}$	$G1_{i-1}$	$G2_{i-1}$	H_{i+1}	$\overline{E}_{i-2}$	$\overline{F1}_{i-1}$	$\overline{F2}_{i-1}$	$\overline{G1}_{i-1}$	$\overline{G2}_{i-1}$	$\overline{H}_{i+1}$
0	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0,63	-3,80	9,97	2,99	-6,61	-9.34	6,91	-0,76	0,90	-0,12	-0,10	-0,81	1,12
1,26	-6,43	14,81	7,26	-11,67	-17,5	14,86	-1,28	1,33	0,17	0,30	-0,61	1,14
1,88	1,74	-2,51	-5,76	3,25	9,66	-9,44	-1,69	1,80	0,57	1,41	-0,05	0,81
2,51	-0,62	0,66	-1,82	-1,78	3,13	-1,90	-2,22	4,41	1,89	3,88	-1,84	-1,7[illegible]
3,14	-1,00	-1,28	-1,00	-4,28	3,64	0,64	-1,50	6,44	301	4,94	-1291	-989
3,77	-2,52	-4,41	0,57	-18,25	5,10	11,65	-0,68	2,80	0,50	3,73	-2,38	-0,58
4,4	2,43	-3,94	-2,88	18,29	4,24	-17,1	-0,44	0,71	0,49	3,42	-1,69	-1,64
5,02	0,29	-0,03	-1,02	5,08	3,13	-9,37	-0,19	0,57	0,60	2,39	1,30	-3,49
5,65	-3,78	-17,4	4,56	35,00	38,66	-65,3	0,69	7,80	1,68	-5,98	14,49	-15,5
6,28	-0,99	15,14	-1,00	-14,14	-4,62	5,62	-1,51	-18,39	-77,00	19,90	937	1014

На рис. 1 показаны зависимости расчетных длин от параметра устойчивости u: для первого шарнирно опёртого на внешний контур стержня, второго от опоры, третьего (общего).

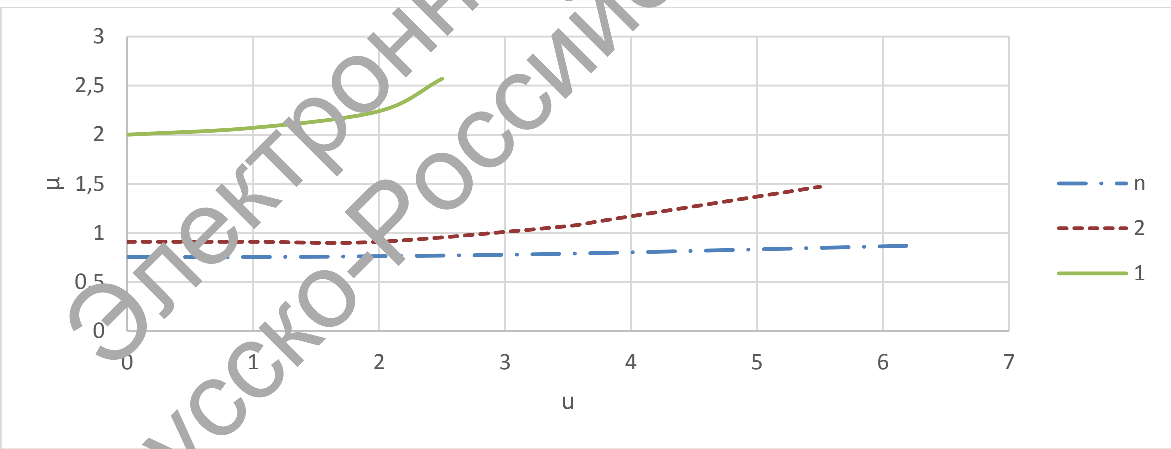

Рис. 1. Зависимость расчётных длин стержней (1-го, 2-го и среднего) от напряжённо-деформированного состояния сетчатой конструкции

Получен метод определения расчётных длин стержней сетчатого купола на основе стержневой модели конструкции. Расчётные длины стержней зависят от напряжённо-деформированного состояния сетчатой конструкции, т. е. являются переменными величинами. При шарнирном опирании купола на внешний контур наиболее удалённые стержни от опоры имеют практически одинаковые значения расчётных длин.